

건물의 에너지 소비량 해석 및 경제성 평가 기법에 관한 연구 Ⅶ

글/한국건설기술연구원

8. 경제성 평가

8.1 개론

건물 HVAC 시스템 설계에 있어 서로 다른 계획을 비교하기 위한 경제성 평가가 필요하다. 최종 시스템의 선택은 건물주나 사용자의 요구, 설계자의 경험, 법규, 초기 투자비, 에너지효율 운전비 등의 요소를 고려하여 시스템의 기계적 성능(performance)과 경제성을 충분히 검토한 후 하여야 한다.

HVAC 시스템에 대한 경제성 평가는 다음과 같은 방법을 이용하여 할 수 있다.

- 총사용비(Life Cycle Cost)
- 투자총계치(Investment Statistics)

이들 경제성 평가를 위하여 기본적으로 시스템비용, 운영운전비, 에너지사용비 등이 조사되어야 한다. 분석시 중요한 사항이 고려되지 않을 경우 부적절한 계산결과를 초래할 수 있으며, 그 계산과정의 난이도는 일반적으로 요구되는 분석의 정확도 차이에 의해 결정된다. 초기투자비에 해당하는 시스템비용의 경우, 기기제조업체나 설계회사, 시공회사 등을 통하거나 가격정보지를 이용하여 부품의 가격 설치 및 설계비 등을 산출할 수 있으며 보다 정확한 분석을 위해 앞으로 발생할 운영운전비, 부품의 노후나 고장에 따른 부품교체비용을 포함하여야 한다. 또한 같은 시스템의 경우라도 에너지종류에 따라 가가구조가 다르고, 장비의 성능에 있어서 부분부하(Part load)에 대한 운전특성이 각기 다르므로, 이를 잘 고려하여 장비를 선택하고 계획적으로 운전할 경우 에너지사용량을 줄이면서 에너지비용

을 최소화하고 동시에 장비의 수명을 연장시킬 수 있다.

이들에 대한 자료는 부하계산과 에너지사용 계산 과정에서 사용된 시스템기기의 종류, 크기, 대수, 부분부하 운전특성 그리고 기기 운전방법 및 계획, 시간 등의 데이터를 이용할 수 있다.

8.2 총사용비용(Life Cycle Cost)

설비시설 및 시스템을 설치하고 사용을 마칠 때까지의 사용된 총비용을 말하며, 초기투자비, 유지비 및 운전비, 에너지사용비를 포함한다.

$$\text{즉, } LCC = \sum_{n=1}^{NY} C_n$$

LCC (Life Cycle Cost) : 총사용비용

C_n : 비용, n년

- 위에서 NY는 계산이 행하여는 년수(Project life time)이므로 주요기기 및 시설의 수명을 넘지 않도록 하여야 하며, 기기의 평균수명은 <표 1>을 참고할 수 있다.
- C_n은 n번째 년의 총비용이며 계산시 이자율 등을 감안한 값을 사용할 수 있는데, $C_n = C(1+i)/(1+d)^n$ 의 식으로 구해진다.
C : 고정비용
i : 인플레이션율
d : 감가상각율
(d = 은행이자율 - 인플레이션율)

8.2.1 Life Cycle Cost의 계산에 필요한 데이터

- 1) 냉·난방 주요기기 비용(Plant Cost)
- 2) 부품비용(Component Cost)

〈표 8.1〉 장비의 일반수명

Equipment item	Median Years	Equipment item	Median Years
Air conditioners		Coils	
Window unit.....	10	DX. water. or steam.....	20
Residential single or split package	15	Electric.....	15
Commercial through-the-wall.....	15	Heat exchangers	
Water-cooled package.....	15	Shell-and-tube.....	24
Computer room.....	15	Reciprocating compressors.....	20
Heat pumps		Package chillers	
Residential air-to-air.....	8	Reciprocating.....	20
Commercial air-to-air.....	15	Centrifugal.....	23
Commercial water-to-air.....	19	Absorption.....	23
Roof-top air conditioners		Cooling towers	
Single-zone.....	15	Galvanized metal.....	20
Multizone.....	15	Wood.....	20
Boilers, hot water(steam)		Ceramic.....	34
Steel water-tube.....	24(30)	Air-cooled condensers.....	20
Steel fire-tube.....	25(25)	Evaporative condensers.....	20
Castiron.....	35(30)	Insulation	
Electric.....	15	Molded.....	20
Burners.....	21	Blanket.....	24
Furnaces		Pumps	
Cas-or oil-fired.....	18	Base-mounted.....	20
Unit heaters		Pipe-mounted.....	10
Gas or electric.....	13	Sump and well.....	10
Hot water or steam.....	20	Condensate.....	15
Radiant heaters		Reciprocating Sengines.....	20
Electric.....	10	Steam turbines.....	30
Hot water or steam.....	25	Electric motors.....	18
Air terminals		Motor starters.....	17
Diffusers,grilles and registers.....	27	Electric transformers.....	30
Induction and fan-coil units.....	20	Controls	
VAV and double-duct boxes.....	20	Pneumatic.....	20
Air washers.....	17	Electric.....	16
Duct work.....	30	Electronic.....	15
Dampers.....	20	Valve actuators	
Fans		Hydraulic.....	15
Centrifugal.....	25	Pneumatic.....	20
Axial.....	20	Self-contained.....	10
Propeller.....	15		
Ventilating roof-mounted.....	20		

Obtained from a nation-wide survey conducted in 1977 by ASHRAETC 1.8(RP186).

Data removed by TC 1.8 because of changing technology.

3) 에너지비용(Energy Cost)

1.1 Plant Cost

주요에너지 사용원인 Chiller, Boiler 등을 말한다.

1.2 Component Cost

Plant에서 전환된 에너지를 전달하는데 필요한 팬, 펌프, 밸브, 제어기기 및 기타 부수부품

1.3 Energy Cost (EC)

연간 에너지 사용량 계산에서 나올 결과를 사용에너지 종류별로 분류한다. 사용가능한 에너지는 매우 다양하나 에너지의 종류를 전기, 가스, 디젤에 한정한다. 사용데이타는 에너지 사용량 계산결과를 사용한다.

〈표 8.2〉 주요장비 및 부품을 위한 데이타

(Yr : 年)

장비사양(Equipment data)	이름(Unit Name :)
모델종류 (Type)	
용 량 (size)	
설치대수(Installed Number)	대
장비가격(Equipment Cost)	원
설치비(Installation Cost)	원
경수리간격(Minor Overhaul Interval)	회/Yr
경수리비용(Minor Overhaul Cost)	원/Yr
중수리간격(Major Overhaul Interval)	회/Yr
중수리비(Major Overhaul Cost)	원/Yr

〈표 8.3〉 에너지 사용비용

에너지 사용비 데이타(Energy Cost Data)	
전 기	원/yr
천연가스	원/yr
디 젤	원/yr

8.2.2 Life Cycle Cost의 계산

조사된 데이타에 따라 LCC는 다음과 같이 구하여진다.

$$LCC = \text{장비가격} + \text{설치비} + \sum_{n=1}^{NY} (\text{경, 중수리비용}) +$$

$$\sum_{n=1}^{N Y} (\text{에너지비용})_n$$

· LCC를 이용한 시스템의 비교는 총비용액의 대소로 비교한다.

8.3 투자총계(Investment Statistics)

투자총계자료를 이용한 방법은 신축시에 사용할 수도 있으나 주로 기존의 건물시설에 대한 개·보수 경제성 효과유무를 판단하는 방법으로 사용된다. 이 방법을 사용하기 위해서는 기준시설 및 시스템의 설정이 우선되어야 하며 다음과 같은 통계치를 이용해서 투자효과를 검토할 수 있다.

- 1) 총에너지 비용절약(Life cycle energy cost savings)
- 2) 총운전관리비 절약(Life cycle operation & maintenance cost savings)
- 3) 총비용절약(Total life cycle cost savings)
- 4) 추가투자에 대한 총비용 절약비(Savings to Incremental investment Ratio : SIR)
- 5) 추가투자에 대한 총에너지비용 절약비(Energy savings to Incremental investment Ratio : EIR)
- 6) 투자환급기간(Payback period)

8.3.1 계산식

- 1) 총에너지 비용절약

$$= \sum_{n=1}^{N Y} (\text{기준시스템 에너지비용} - \text{비교시스템 에너지비용})_n$$

- 2) 총운전관리비 절약

$$= \sum_{n=1}^{N Y} \{(\text{기준시스템 경, 중수리비용}) - (\text{비교시스템 경, 중수리비용})\}_n$$

- 3) 총비용절약

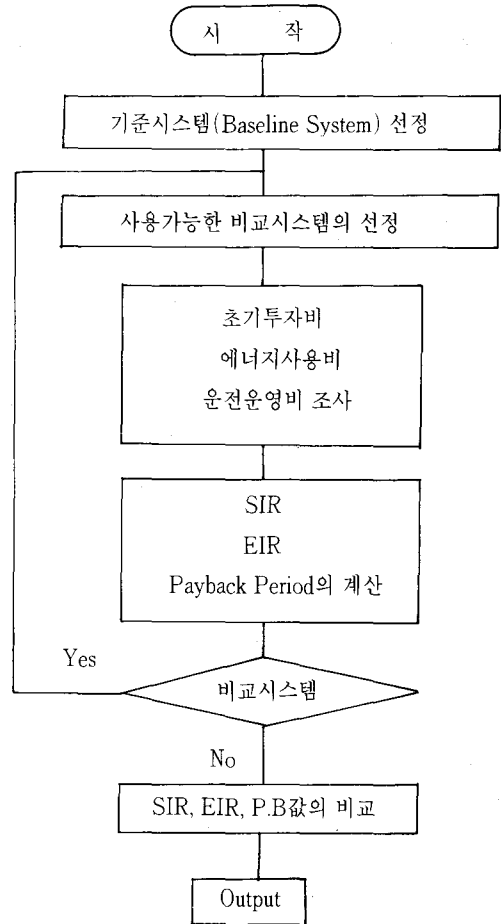
1)과 2)의 합

- 4) 추가투자

$$= \text{비교시스템 투자비용} - \text{기준시스템 투자비용}$$

- 5) 추가투자에 대한 총비용 절약비(SIR)

(Fig. 8.1) 투자통계를 이용한 System 경제성 비교평가 흐름도



$$= \frac{\text{총비용절약(Total life cycle cost savings)}}{\text{추가투자(Incremental investment)}}$$

- 6) 추가투자에 대한 총에너지 비용절약비(EIR)

$$= \frac{\text{총에너지 비용절약(Life cycle energy cost savings)}}{\text{추가투자(Incremental investment)}}$$

- 7) 투자환급기간

이 계산은 어느 한 시스템을 기준으로 하여 다른 시스템을 채택할 때 초기의 추가투자(Incremental investment)가 설치후 운전운영비 및 에너지비용 등에 이익을 주어서 나타난 경제적 효과를 추가투자

액에 대한 환급기간을 계산하여 평가하는 방법이다. 즉, 연간총비용 절약액의 합이 추가투자액과 같아질 때까지의 기간을 말한다.

이를 간략히 하면, 환급기간 n (年)은

$$n = \frac{\text{추가투자비}}{\text{연간 총절약액}}$$

으로 나타낼 수 있으며 큰 오차를 갖지 않고 투자환급기간, n (年)를 구할 수 있다.

- 위의 분석을 통하여 SIR, EIR이 클수록 또 투자 환급기간이 짧을수록 투자효과가 높음을 알 수 있다.

9. 결 론

공조시스템에서 사용되는 건물의 연간 에너지를 구하기 위하여 수정 BIN법을 이용한 패키지 소프트웨어를 개발하였다. 건물의 에너지 소비량을 해석하는 소프트웨어는 많지만 대부분은 외국의 것이었으며 국내에서 개발된 것은 한 두 종류 뿐이며 그 결과치의 신뢰성에 대하여는 별도의 검토가 필요하다. 소프트웨어 결과치의 신뢰성은 결과치만의 문제이기도 하지만 그에 못지 않게 과정도 중요시하여야 한다. 즉, 계산결과를 신뢰하기 위하여는 계산과정에서부터 신뢰를 받아야 하며 그 다음에 그 계산결과와 정밀성과 정확성을 검토받아야 한다.

본 연구에서는 내주부의 공조시스템은 VAV와 CAV 시스템을, 그리고 외주부는 FCU를 채택한 건물을 가정하여 연간 에너지소비량 해석을 하였다. 해석한 결과를 TrakLoad와 비교하여 보면, 다음 <표 9.1> 및 <표 9.2>와 같다. 이 표는 내주부가 VAV, 외주부가 FCU인 경우의 수치이다. 여기서 ASHRAE 라고 표시한 것은 ASHRAE FUNDAMENTALS(1985) 28장인의 계산 예인데 이 문헌은 내주부가 VAV, 외주부가 Baseboard Heater 인 경우로서 본 연구에서 취급된 공조시스템과 비교하면 외주부의 공조시스템이 다르지만 참고자료로서 비교하였다. 단위는 단위면적당 연간에너지 및 냉·난방부하이다.

<표 9.1> 냉·난방부하

(단위 : $W/m^2 \cdot year$)

구 분	ASHRAE	TrakLoad	KEES
냉 방 부 하	150,932	81,933	94,128
난 방 부 하	83,526	80,487	76,332

<표 9.2> 연간에너지

(단위 : $KWh / m^2 \cdot year$)

구 분	ASHRAE (A)	TrakLoad (B)	KEES (C)	C/A	C/B
팬에너지	13,264	18,813	30,040	226	159
전체냉방에너지	54,201	50,112	46,834	86	93
전체난방에너지	65,643	92,869	61,931	95	67
합 계	132,108	161,794	138,805	105	86

<표9.1> 및 <표 9.2>에서 알 수 있듯이 팬에너지는 KEES가 다른 계산예에 비해서 약 30~40% 큰 값을 나타내었으며, 보조기기의 에너지를 포함한 전체냉방에너지는 약간 작게 나타났고, 보조기기의 에너지를 포함한 전체난방에너지는 TrakLoad보다는 약 34% 적게 나타났다.

이 세가지의 계산결과는 모두 유사한 계산과정을 거치고 있으므로 입력조건이 같은 경우 결과도 같아야 하나 서로가 고유의 특성을 갖고 있어 그 값이 어느 정도 이상 접근하기는 어렵다고 생각되지만 팬의 에너지는 다시한번 검토해 볼 예정이다. 난방부하에 관해서도 검토를 계속하고 있다.

개발한 프로그램은 건물의 부하특성에 따라 공조시스템별로 연간에너지를 예측할 수 있게 하는 것이 목적이었으나, 본 연구에서는 외주부는 FCU를 채택하고 내주부는 VAV와 CAV 시스템을 채택한 공조계통만을 취급하였다. 기타의 시스템에 대하여는 공개한 소프트웨어의 원시 프로그램을 이용하여 관심있는 자의 계속 개발을 기대한다.

이번호로 마칩니다